

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-070865

(43)Date of publication of application : 10.03.1998

(51)Int.Cl.

H02K 7/09

F16C 32/04

(21)Application number : 08-242674

(71)Applicant : EBARA CORP

(22)Date of filing : 26.08.1996

(72)Inventor : KAYASHIMA TADASHI

OSAWA SUSUMU

MORI SATOSHI

SATO KAZUKI

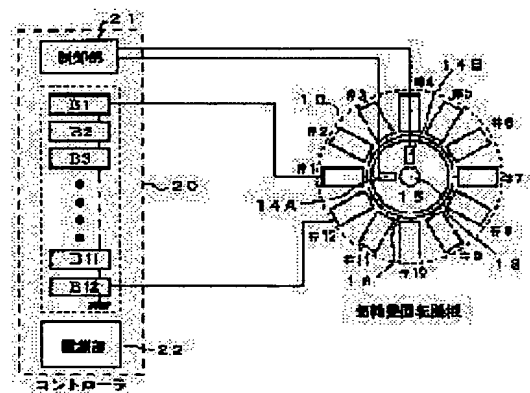
SATO TADASHI

## (54) BEARINGLESS ROTARY EQUIPMENT

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To make it possible to reduce a required number of power switching elements of power amplifiers, by connecting the output terminals of a plurality of power amplifiers to one of terminals of corresponding windings, and other terminals of the windings to common connections.

**SOLUTION:** Slots corresponding to 12 magnetic poles are provided on inner peripheral surface of a stator 10, and 12 independent single-pole windings #1 to #12 are provided. And one side terminals of these 12 single-pole windings #1 to #12 are respectively connected to a common neutral point 16. On the other hand, other terminals of the single-pole windings #1 to #12 are connected to the output terminals of the power amplifiers B1 to B12 of a controller. That is, one power line from each of single-pole windings #1 to #12 is connected to the output terminals of the power amplifiers B1 to B12. By doing this, the required number of power switching elements of the power amplifiers B1 to B12 can be reduced.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 26.02.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 02.07.2002

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-70865

(43) 公開日 平成10年(1998) 3月10日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

H 0 2 K 7/09

F 1 6 C 32/04

識別記号

庁内整理番号

F I

H 0 2 K 7/09

F 1 6 C 32/04

技術表示箇所

A

審査請求 未請求 請求項の数 3 F D (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平8-242674

(22) 出願日 平成8年(1996) 8月26日

(71) 出願人 000000239

株式会社荏原製作所

東京都大田区羽田旭町11番1号

(72) 発明者 茅島 直史

神奈川県藤沢市本藤沢4丁目1番1号 株式会社荏原電産内

(72) 発明者 大沢 将

神奈川県藤沢市本藤沢4丁目2番1号 株式会社荏原総合研究所内

(72) 発明者 森 敏

神奈川県藤沢市本藤沢4丁目2番1号 株式会社荏原総合研究所内

(74) 代理人 弁理士 渡邊 勇 (外2名)

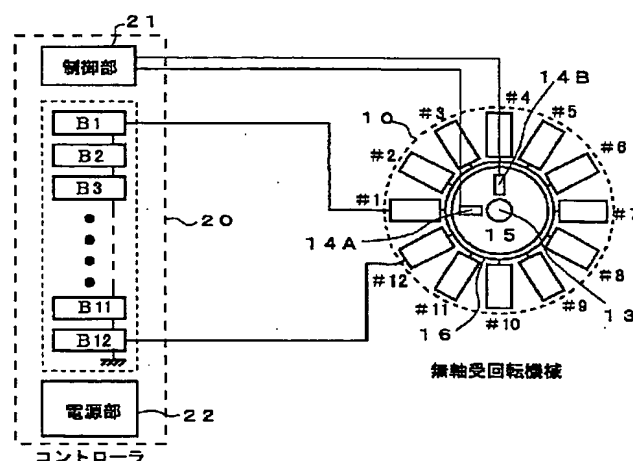
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 無軸受回転機械装置

(57) 【要約】

【課題】 電力増幅器の電力スイッチング素子の必要数を減少し、装置全体としての小型化を図った無軸受回転機械装置を提供する。

【解決手段】 M極の回転磁界とM±2極の回転磁界とを重畳した回転磁界を回転子に作用させる複数の巻線を備えた固定子磁極と、固定子磁極の巻線に電流を供給する電力増幅器B1～B12と、電力増幅器B1～B12を駆動する制御回路とからなる無軸受回転機械装置において、複数の巻線#1～#12にそれぞれ対応した電力増幅器B1～B12を備え、複数の電力増幅器B1～B12の出力端子は、対応する巻線の一方の端子に接続され、各巻線の他方の端子が共通接続された(符号16参照)。



# 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 M極の回転磁界とM±2極の回転磁界とを重畳した回転磁界を回転子に作用させる複数の巻線を備えた固定子磁極と、該固定子磁極の巻線に電流を供給する電力増幅器と、該電力増幅器を駆動する制御回路とからなる無軸受回転機械装置において、前記複数の巻線にそれぞれ対応した電力増幅器を備え、該複数の電力増幅器の出力端子は、対応する巻線の一方の端子に接続され、各巻線の他方の端子が共通接続されたことを特徴とする無軸受回転機械装置。

【請求項 2】 前記複数の電力増幅器の出力端子から、それぞれ対応する巻線に流入する電流の総和はゼロであることを特徴とする請求項 1 記載の無軸受回転機械装置。

【請求項 3】 前記電力増幅器の出力端子は、直流電源に直列接続された 2 個の電力スイッチング素子の中点から取出したものであることを特徴とする請求項 2 記載の無軸受回転機械装置。

# 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、M極の回転磁界とM±2極の回転磁界とを重畳した回転磁界を回転子に作用させ、回転子を目標位置に浮上制御すると共に、回転子を回転駆動する無軸受回転機械装置に係り、特に無軸受回転機械の固定子巻線に励磁電流を供給する電力増幅器の接続構造に関する。

## 【0002】

【従来の技術】特開平 6-133493 号公報には、無軸受回転機械（磁気浮上誘導モータ）の一例が開示されている。これは固定子にM極の回転磁界と、M±2極の回転磁界を重畳した回転磁界を発生させることにより、回転磁界と導体との相互磁気作用で回転子に回転力と浮上力とを与えるようにしたものである。

【0003】このような無軸受回転機械装置の一例を図 4 に示す。固定子 10 の内周面に 12 個の磁極に相当するスロットを設け、12 個の独立した単極巻線 #1～#12 を収納する。シャフト 13 の外周面には変位センサ 14A、14B が直角方向に向けて取り付けられ、それぞれシャフト 13 の X 及び Y 方向の変位を検出し、コントローラ 20 の制御部 21 に入力する。変位センサ 14A、14B の信号は、制御部 21 内で増幅及び演算処理され、回転子 15 を回転させる M 極の回転磁界を固定子 10 の内周面に発生させる電流、及び回転子 15 を浮上させる M±2 極の回転磁界を、固定子 10 の内周面に発生させる電流を、各巻線 #1～#12 について演算し、それらの値をそれぞれ出力する。

【0004】この演算処理されたそれぞれの電流信号を、電力増幅器 A1～A12 で増幅して、各磁極の巻線に励磁電流として供給する。これにより回転子 15 に十分な回転力と浮上力が得られる。尚、無軸受回転機械の

浮上原理等については、例えば、特開平 2-193547 号公報等に詳細に開示されている。

【0005】固定子磁極を形成する #1～#12 のそれぞれの巻線は、固定子 10 の内周面に設けられたスロット内に配置され、単極性の磁界を形成する。その巻線の両端子が対応する電力増幅器 A1～A12 の一対の平衡出力端子にそれぞれ接続されている。この例では、固定子の巻線 #1～#12 が 12 相あるので、励磁電流を供給する電力増幅器も単相のものが 12 個（A1～A12）必要となる。

【0006】図 5 は、電力増幅器の出力回路部分と各固定子の巻線との接続を示す。各電力増幅器の出力段は、図示するように 4 個の電力スイッチング素子のフルブリッジ型の平衡出力回路として構成されている。例えば TR1 が ON で、TR2 が OFF で、TR3 が OFF で、TR4 が ON である時に、図中矢印で示す方向の電流が流れる。また逆に、TR1 が OFF で、TR2 が ON で、TR3 が ON で、TR4 が OFF である時には、図中に示す矢印とは反対方向の電流が流れる。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述した構成では電力増幅器の出力段の電力スイッチング素子の必要数が多くなり、又電力増幅器の接続配線の数が多くなり、結果として装置のコストアップ、大型化を招くこととなる。

【0008】本発明は上述した事情に鑑みて為されたもので、電力増幅器の電力スイッチング素子の必要数を減少し、装置全体としての小型化を図った無軸受回転機械装置を提供することを目的とするものである。

## 【0009】

【課題を解決するための手段】本発明の無軸受回転機械装置は、M極の回転磁界とM±2極の回転磁界とを重畳した回転磁界を回転子に作用させる複数の巻線を備えた固定子磁極と、該固定子磁極の巻線に電流を供給する電力増幅器と、該電力増幅器を駆動する制御回路とからなる無軸受回転機械装置において、前記複数の巻線にそれぞれ対応した電力増幅器を備え、該複数の電力増幅器の出力端子は、対応する巻線の一方の端子に接続され、各巻線の他方の端子が共通接続されたことを特徴とする。

【0010】また、前記複数の電力増幅器の出力端子から、それぞれ対応する巻線に流入する電流の総和はゼロであることを特徴とする。

【0011】また、前記電力増幅器の出力端子は、直流電源に直列接続された 2 個の電力スイッチング素子の中点から取出したものであることを特徴とする。

【0012】固定子磁極の巻線の一方の端子が共通に接続され、他方の端子が対応する電力増幅器の出力端子に接続されたことから、電力増幅器の出力段では、電力スイッチング素子が 2 個あれば所要の励磁電流を固定子巻線に供給することができる。この為電力増幅器の電力ス

スイッチング素子数及び配線数が半分に減少し、装置の製造コストの低減及び小型化を達成することができる。

【0013】

【実施例】以下、本発明の一実施例について添付図面を参照にしながら説明する。

【0014】図1は、本発明の一実施例の無軸受回転機械の駆動制御装置の接続部分の構造を示す。無軸受回転機械の固定子10の内周面に12個の磁極に相当するスロットを設け、12個の独立した単極巻線#1～#12を備えることは、従来の技術と同様である。また、シャフト13の外周面に変位センサ14A、14Bが直角方向に向けて取付けられ、単極巻線#1～#12にM極の回転磁界とM±2極の回転磁界とを重畳した回転磁界を回転子15に作用させることにより、回転子15を回転駆動すると共に浮上位置決め制御を行うことも、従来の技術と同様である。

【0015】本実施例の無軸受回転機械では、12個の単極巻線#1～#12の一方の端子は、共通の中性点16にそれぞれが接続されている。そして、単極巻線#1～#12の他方の端子は、それぞれがコントローラの電力増幅器B1～B12の出力端子に接続されている。即ち、従来例では、図4に示すように各単極巻線#1～#12から2本の電力線が電力増幅器A1～A12の平衡出力端子に接続されていたのに対して、本実施例では各単極巻線#1～#12から1本の電力線が電力増幅器B1～B12の出力端子に接続されている。

【0016】図2は、電力増幅器の出力段の回路構成を示す。即ち、各電力増幅器の出力回路は2個の電力スイッチング素子からなるハーフブリッジと呼ばれる回路構成を為している。従って、図5に示す従来例と比較して、電力スイッチング素子の素子数が $12 \times 2 = 24$ 個となり、従来例では48個の電力スイッチング素子が必要としたのに対して半減している。これに伴い、配線数4極（回転制御）

も半減する。

【0017】各電力増幅器B1～B12の出力段は、商用交流電源を整流・平滑して形成された直流電源Eに、電力スイッチング素子TR1、TR2が直列に接続され、その中点から出力が取出される。電力スイッチング素子TR1、TR2は、そのゲート電極に制御部22から、スイッチング信号が入力され、インバータ装置として動作する。又、直流電源Eは電源部23から各電力増幅器B1～B12に一括して供給される。尚、電力スイッチ素子としては、パワートランジスタ、パワーMOSFET、IGBT等が用いられる。

【0018】本実施例の無軸受回転機械の電力増幅器には、各巻線#1～#12に対して電流を流すための指令値が与えられる。この電流の指令値は、以下に述べる制御装置の演算操作によって与えられる。尚、本実施例では、回転駆動を4極（ $M=4$ ）、浮上制御を2極（ $M-2=2$ ）としている。

【0019】固定子が回転子を回転・磁気浮上させている時、センサを用いて得る情報は、図示しない回転角センサからの回転速度 $\omega$ 、回転角（電気角） $\omega t$ 、及び変位センサ14A、14Bからの磁気浮上変位 $\alpha$ 、 $\beta$ 等である。このうち、回転子のモータトルクを発生させるための制御系について、必要とされる情報は、回転速度 $\omega$ 、回転角（電気角） $\omega t$ である。センサで検出された回転速度 $\omega$ と、その指令値 $\omega^*$ の差分に対して、補償回路でPI制御等の補償演算を行い、トルク分電流 $I_q$ が算出される。又励磁分電流を $I_d$ とする。電流 $I_d$ 、 $I_q$ を回転子に与えるための情報とするためには座標変換が必要である。（1）式で与える座標変換の演算結果、電流 $I_a$ 、 $I_b$ を得る。

【0020】

【数1】

$$\begin{bmatrix} i_a \\ i_b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sin 2\omega t & \cos 2\omega t \\ \cos 2\omega t & -\sin 2\omega t \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_d \\ i_q \end{bmatrix} \quad (1)$$

2極のd-q座標→2相変換

【0021】浮上力を与えるための回転磁界の制御系について、必要とされる情報は回転角（電気角） $\omega t$ と磁気浮上変位 $\alpha$ 、 $\beta$ である。磁気浮上変位 $\alpha$ 、 $\beta$ と、その指令値 $\alpha^*$ 、 $\beta^*$ の差分に対して、PI制御等の補償回路により補償演算を行い、磁気浮上電流 $I_\alpha$ 、 $I_\beta$ が算出される。磁気浮上電流 $I_\alpha$ 、 $I_\beta$ を回転子に与えた

めの情報とするためには座標変換が必要である。座標変換の演算式は（2）式で与えられ、この座標変換の結果 $F_a$ 、 $F_b$ を得る。

【0022】

【数2】

(4)

## 2極 (磁気浮上制御)

$$\begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\sin(2\omega t + \theta) & -\cos(2\omega t + \theta) \\ -\cos(2\omega t + \theta) & \sin(2\omega t + \theta) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_\alpha \\ F_\beta \end{bmatrix} \quad (2)$$

2極のd-q座標→2相変換

【0023】回転磁界を回転子の周囲に形成するためには、モータトルクを生じる回転磁界を形成する電流と、磁気浮上のための回転磁界を形成する電流を重ね合わせた形で、各固定子の単相巻線に供給する必要がある。そして各固定子の巻線の各相に所要の電流を供給するため  
2相→6相変換

に電力増幅器へ指令を与える。式(3)、(4)、(5)、(6)に示すごとく、各相の電力増幅器B1～B12への指令値が与えられる。

【0024】

【数3】

$$\begin{bmatrix} i_{41} \\ i_{42} \\ i_{43} \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{3}} \begin{bmatrix} \frac{\sqrt{3}}{2} & \frac{1}{2} \\ 0 & 1 \\ \frac{\sqrt{3}}{2} & \frac{1}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} ia \\ ib \end{bmatrix} \quad (3)$$

2相→6相変換 その1 (4極)

【0025】

$$\begin{bmatrix} i_{21} \\ i_{22} \\ i_{23} \\ i_{24} \\ i_{25} \\ i_{26} \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{6}} \begin{bmatrix} \frac{\sqrt{3}+1}{2\sqrt{2}} & \frac{\sqrt{3}-1}{2\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{\sqrt{3}-1}{2\sqrt{2}} & \frac{\sqrt{3}+1}{2\sqrt{2}} \\ -\frac{\sqrt{3}-1}{2\sqrt{2}} & \frac{\sqrt{3}+1}{2\sqrt{2}} \\ -\frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ -\frac{\sqrt{3}+1}{2\sqrt{2}} & \frac{\sqrt{3}-1}{2\sqrt{2}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \end{bmatrix} = \frac{1}{2\sqrt{3}} \begin{bmatrix} \frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{1}{2} & \frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{1}{2} \\ 1 & 1 \\ \frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{1}{2} & \frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{1}{2} \\ -\frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{1}{2} & \frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{1}{2} \\ -1 & 1 \\ -\frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{1}{2} & \frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{1}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} ia \\ ib \end{bmatrix}$$

... (4)

2相→6相変換 その2 (2極)

【0026】

【数5】

$$\begin{aligned} i_1^* &= i_{41} + i_{21} & i_7^* &= i_{41} - i_{21} \\ i_2^* &= i_{42} + i_{22} & i_8^* &= i_{42} - i_{22} \\ i_3^* &= i_{43} + i_{23} & i_9^* &= i_{43} - i_{23} \\ i_4^* &= -i_{41} + i_{24} & i_{10}^* &= -i_{41} - i_{24} \\ i_5^* &= -i_{42} + i_{25} & i_{11}^* &= -i_{42} - i_{25} \\ i_6^* &= -i_{43} + i_{26} & i_{12}^* &= -i_{43} - i_{26} \end{aligned} \quad (5)$$

2相→3相変換 その3 (4・2極→6相)

【0027】

$$i_1^* + i_2^* + i_3^* + i_4^* + i_5^* + i_6^* + i_7^* + i_8^* + i_9^* + i_{10}^* + i_{11}^* + i_{12}^* = 0 \quad (\text{電流総和 } 0) \quad (6)$$

【数6】

【0028】ここで注目すべき点は、各電力増幅器への電流指令値の総和がゼロになるということである。このことは固定子の各単相巻線に電流を流す際に、その回路構成を図1に示すようにすることが可能であることを示している。即ち、12相の単相巻線の一方が共通に中性点に接続され、他方が対応する電力増幅器の出力端子に不平衡に接続することができる。

【0029】図3に示すように、与えられた電流指令値  $I^*$  に対して、検出された電流値  $I$  との比較が行われて、電力増幅器への信号が形成される。そしてこの電流指令値  $I^*$  に従った励磁電流が固定子の各相の巻線に供給される。

【0030】尚、上記実施例は12相の単相巻線を用いた無軸受回転機械について説明したが、その他の相数についても同様に適用できることは勿論である。又、上記実施例は磁気浮上誘導モータについて説明したが、同期モータ或いは発電機等についても、本願発明の趣旨を同様に適用できることは勿論である。

【0031】

【発明の効果】以上に説明したように本発明によれば、各相の単相巻線に供給する励磁電流の総和をゼロとすることができるので、電力増幅器を平衡型とする必要がなくなる。従って、電力スイッチング素子の必要数及び配

線数を半減することができ、電力増幅器の製造コストを低減し、且つ設備全体の構造を小形コンパクト化することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例の電力増幅器と固定子巻線との接続部分を示す説明図である。

【図2】図1における電力増幅器の出力段の回路構成を示す説明図である。

【図3】励磁電流の制御系の構成を示す説明図である。

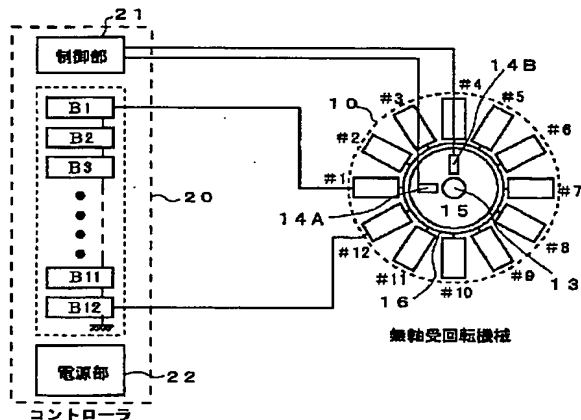
【図4】従来の電力増幅器と固定子巻線との接続部分を示す説明図である。

【図5】図4における電力増幅器の出力段の回路構成を示す説明図である。

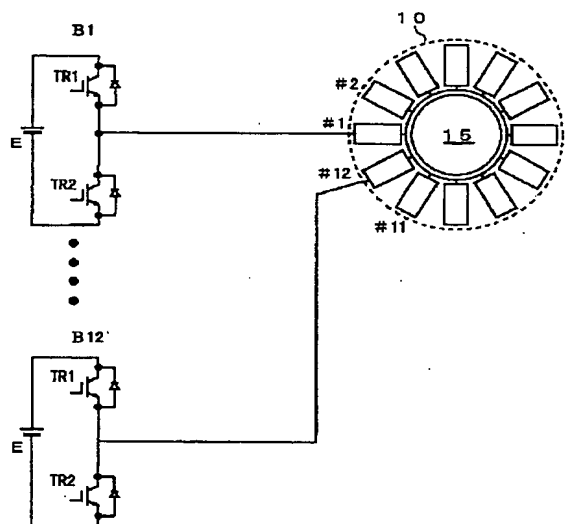
【符号の説明】

- 10 固定子
- 13 シャフト
- 14 A, 14 B 変位センサ
- 20 制御部
- 21 コントローラ
- 22 電源部
- #1～#12 単相巻線
- A1～A12, B1～B12 電力増幅器

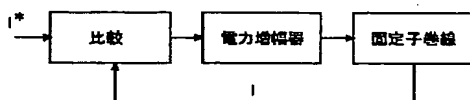
【図1】



【図2】

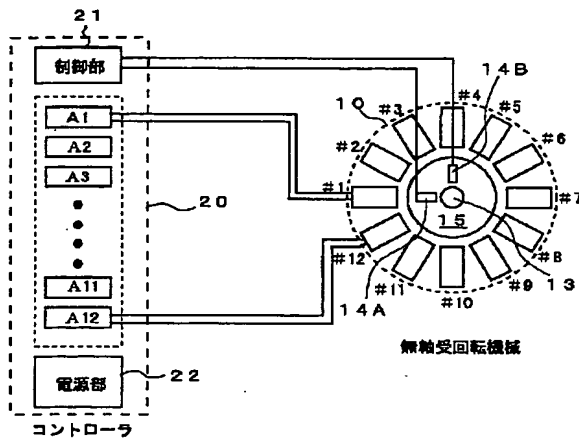


【図3】

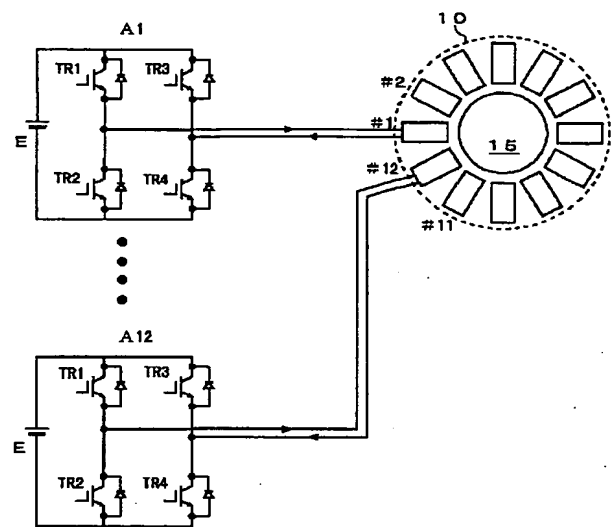


(6)

【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

(72) 発明者 佐藤 一樹  
神奈川県藤沢市本藤沢 4 丁目 2 番 1 号 株  
式会社荏原総合研究所内

(72) 発明者 佐藤 忠  
神奈川県藤沢市本藤沢 4 丁目 2 番 1 号 株  
式会社荏原総合研究所内